

核能
簡訊
雙月刊
中華民國九十八年四月號
No. 117
全國能源會議專刊
從全球暖化、二氧化碳減量、永續能源政策、
核能安全與績效、放射性廢棄物的處理技術
談核能發電的必要性

# 核能簡訊

中華民國九十八年四月號




# CONTENTS


**專題報導**

●因應節能減碳需求　台灣需要能源多元化政策 ……………梁啟源 1

●永續能源政策下的核能定位—專訪原能會主委 ……………編輯室 5

●站在研發的角度談核能發電對台灣的重要性 ……………施建樑、張淑君 10

●我國二氧化碳減量的必要選擇—核能發電……………林文昌 13

●從技術層面探討核廢料處理……………蔡顯修 17

**核能脈動**

●台日核能交流座談　分享公眾溝通經驗（中）編輯室 22

**核能新聞**

●國外新聞……………編輯室 27

●國內新聞……………編輯室 29



出版單位　中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　　址　新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　　話　（03）5711808
傳　　真　（03）5725461
網　　址　http://www.nicenter.org.tw
E-mail　nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人　朱鐵吉
編輯委員　李四海、徐懷瓊、翁寶山、黃文盛、劉仁賢、潘欽、蔡顯修、謝牧謙、鍾堅、顏上惠、蕭金益（依筆畫順序）
主　　編　朱鐵吉
顧　　問　喻冀平
文　　編　鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
美　　編　陳慧欣
編 印 者　信誠廣告事業有限公司
地　　址　台北市興安街100號3樓之5


## 編者的話

鑑於全球氣候變遷及能源日益短缺，國內外的能源環保情勢日益嚴峻，節能減碳是當前各國政府的施政重點。行政院於97年6月5日核定「永續能源政策綱領」，並於同年9月4日通過「永續能源政策綱領－節能減碳行動方案」。但是考量該行動方案僅為行政部門4年的施政規劃，部分中長期及較具爭議的能源基本議題，仍需進一步廣泛討論。因此，行政院定於今(98)年4月15、16日舉辦「第三次全國能源會議」，針對永續發展與能源安全、能源管理與效率提升、能源價格與市場開放、能源科技與產業發展等四大核心議題進行討論。期望凝聚各界共識，達成永續能源政策綱領的目標，以加速落實節能減碳工作。

我國缺乏自產能源，2007年進口能源占比高達99.32%。核能能量密度高，核燃料運儲方便，安全存量高，發電成本穩定，OECD國家能源統計時皆將其視為準自產能源。此外，核能發電過程幾無二氧化碳排放，被聯合國等重要國際組織視為抑制地球暖化的重要手段。

全國能源會議前召開的分區會議，及各方提供的建議來看，多指向應調高核能發電的比重。台灣目前核能發電裝置容量，占總發電裝置容量的13%，但核能發電量卻占總發電量的19%，顯示核能發電的運轉效能確實比火力、天然氣等為高。即將召開的能源會議，有什麼結論尚不得而知，但行政院在97年發布的能源綱領中，已明確指示要把核能列為未來能源發展和推動減碳政策的選項之一。且從目前國際核電趨勢、輿論和工商界的反應看來，加強核能發電已勢在必行。

展望未來，氣候變遷帶來的考驗將越來越嚴峻，面對來自全球的挑戰，台灣正處於發展轉捩點上。為維持國家競爭力，應擬訂更積極的節能減碳政策，並著手研擬調適衝擊的方案；同時要加強與國際間合作，進行減碳政策、技術與經驗交流，並推動碳市場的國際接軌。如此才能強化國家競爭力，確保環境、經濟、社會永續發展。

# 因應節能減碳需求
# 台灣需要能源多元化政策

◆梁啟源



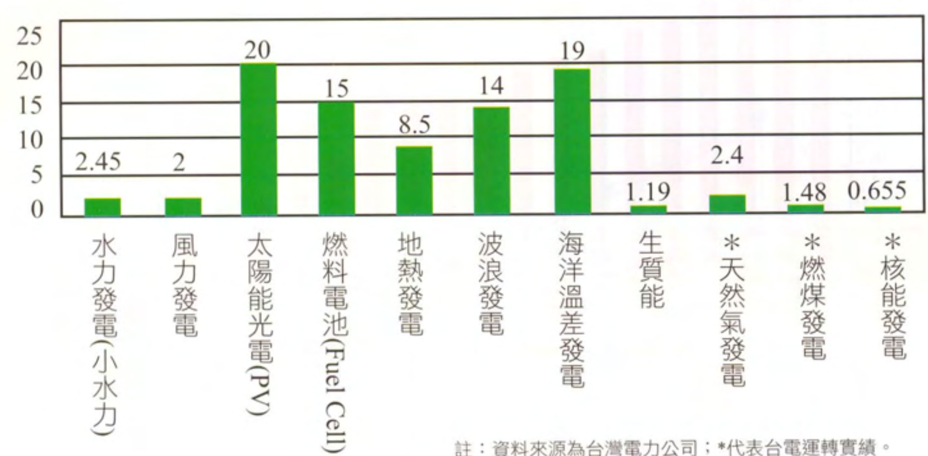




圖1.台灣再生能源成本的比較

## 地球暖化對台灣經濟的影響

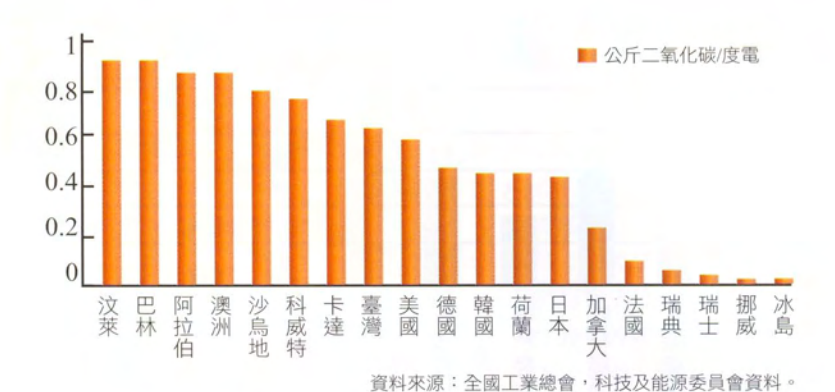
聯合國「政府間地球暖化問題小組(IPCC)」在2007年4月6日布魯塞爾公布當年第二項報告，嚴厲警告全球暖化效應比過去預測要嚴重的多。根據燃燒化石燃料造成的溫室氣體排放量推算，2050年左右氣溫極可能升高2至3度，屆時歐洲阿爾卑斯山滑雪勝地有70%不再白雪皚皚。氣溫升高攝氏2度，缺水人口將達20億，有20%到30%物種瀕臨絕種，有更多人因為營養不良、疾病、熱浪、旱澇而死亡。在最嚴重的情況下，全球人口將有1/5受洪水影響，11-32億人缺水，全球出現大規模物種滅絕。

台灣平均溫度最近一世紀約增加1.2℃，為全球平均增幅(0.74℃)的1.6倍，晝夜溫差約減少1℃。超過90%的相對濕度發生頻率減少1倍以上，以致霧天基本上已從台灣的各大城市消失，甚至過去40年毛毛雨都明顯的減少。最近中國大陸的研究也發現相似的現象，可能跟空氣污染物中的懸浮微粒有關，使氣候變化雪上加霜。

## 2012年之前－產業貿易風險

2005年2月16日，抑制全球溫室氣體排放的京都議定書正式生效。根據該協議，整體工業國家（議定書中的附件一國家--39個先進國家）至2012年時，其溫室效應氣體總排放量必須比1990年的排放量平均減少5.2%。因此2012年後開發中國家為主的非附件一國家被要求承諾減量的壓力將大增。我國雖非京都議定書簽約國，但由禁用氯氟碳化物的蒙特羅議定書的先例來看，我國仍將會受到規範。

## 2012年後－國家投資風險




資料來源：全國工業總會，科技及能源委員會資料。

圖2.世界各國電力排放係數比較

2012年之後，國際若要求台灣達到溫室氣體減量的要求，則台灣將面臨在短期內大幅降低溫室氣體排放的壓力。假設2012年之後，國際要求台灣達到溫室氣體減量的目標為25%，則整體產業物價的上漲率將高達2.26%，經濟成長率將減少1.57%，對台灣經濟的影響將極為嚴重。若提早因應，負面影響將減少一半以上。

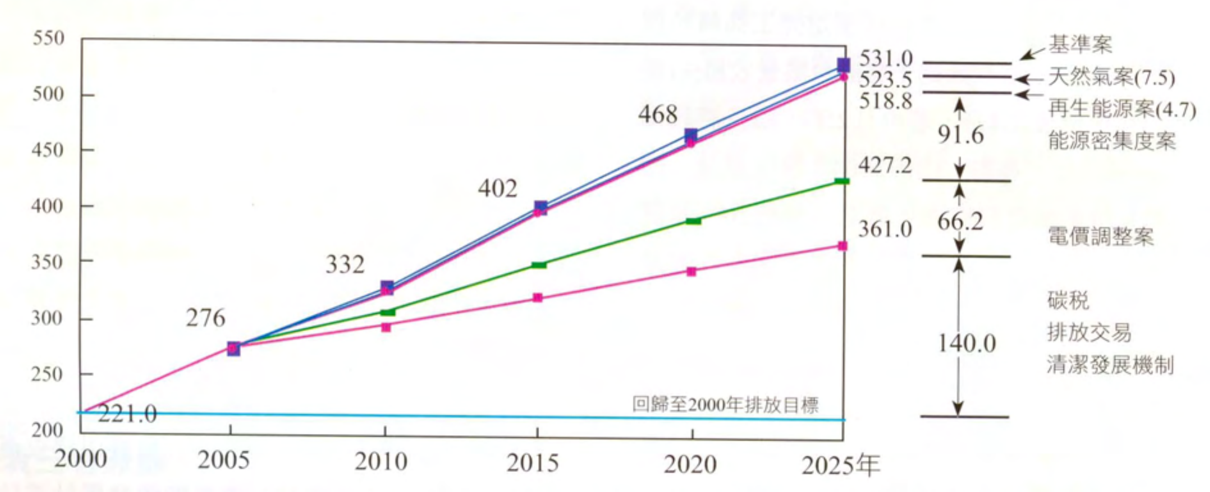
## 台灣需要能源多元化政策

鑑於1999年後，政府的能源政策以「非核家園」為主軸，發展再生能源及節約能源為輔。唯目前不含大水力的再生能源，占能源總供給的比率僅0.76%。成本偏高是原因之一，其中成本最低的風力發電每度在2元左右，高於台電平均發電成本（1.33元/度）。太陽光電的成本則更高達每度17元到23元（圖1）。再生能源的發展其實也受地理限制，以風力為例， 達到270萬瓩的發電目標，需架設1,800座以上的風機，唯因受風場條件及土地使用的限制，有實施上的困難。尤有甚者，再生能源無法替代供應基本負載的核能電廠。

由國際能源總署(IEA)發布的2004年世界各國的電力排放係數可知，我國的電力排放係數(2004年是每度電0.628公斤二氧化碳)與產油國家相差不遠，而顯著高於工業化國家(圖2)。以鄰近的日、韓兩國的電力排放係數(0.424及0.443)來換算我國二氧化碳總排放量，每年約有7,000萬噸的減量空間。

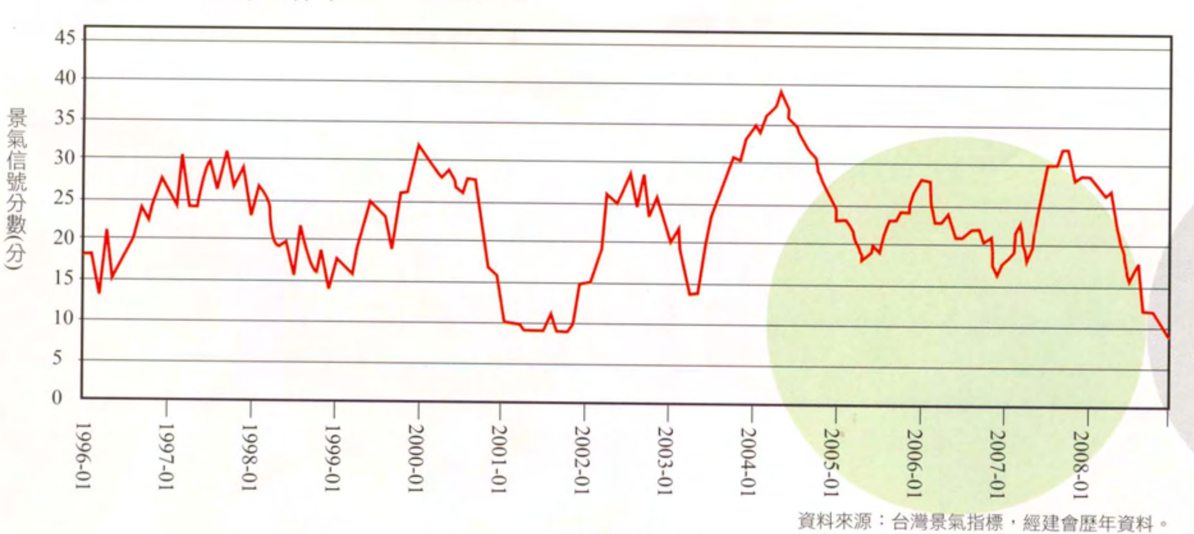
比較2005年6月「第二次全國能源會議」和1998年「第一次全國能源會議」的能源結構規劃，主要差異是2005年者大幅提高未來20年再生能源、天然氣與燃煤的比重，分別由原先規劃的3.3%、16%及28%增加為6.0%、17.5%及43%。但大幅降低核能的比重，由原先的15%降為4.0%。其影響是2025年的二氧化碳減量目標需由原先的55%大幅縮小為36.6%，減量差額達1.4億噸(圖3)。

2000年10月核四停工引發的政局混亂及




註：基準情景(BAU)參考87年全國能源會議設定的節能目標28%，已將所抑制5,220萬噸二氧化碳包含在內，並再加強提升能源效率，促使能源密集度下降所抑制9,160萬噸二氧化碳，兩者合計為14,380萬噸，此為工業(9,700萬噸)、運輸(2,300萬噸)、及住商(2,380萬噸)部門三者所抑制二氧化碳的總效果。

圖3.第二次全國能源會議的二氧化碳減量規劃




資料來源：台灣景氣指標，經建會歷年資料。

圖4.近年來景氣對策信號綜合分數變動

投資意願的打擊，曾是影響2000年台灣景氣由盛轉衰的轉捩點，並造成2001年史上僅見的經濟負成長(圖4)。核四預定完工商轉時間延遲3年，已造成超過千億的台電營收損失(經折成現值後比較)，若再延2年，損失將超過1,600億元。再者，由於2004年後，原油、燃氣及煤等國際能源價格飆漲，雖則2006年電價曾調高5.8%，台電仍因核四未能在2006年如期商業運轉，而在2007及2008年分別虧損312億元及1,300億元，預計至2009年燃料成本增加額合計可達3,000億以上。民國99年的備載率可能低於10%，停電機率大增。(註：科技泡沫雖也是重要影響因素之一，但其重要指標NASDAQ崩盤卻始自2000年4月非10月。)

## 能源安全

大幅增加燃煤電廠，由於無法獲得環保署環評委員會的認同，興建困難。燃氣電廠則受限於天然氣儲存成本高且安全儲存偏低(約5天)，並不可靠。若有兩個颱風同時襲台，造成液化天然氣運輸船無法靠岸，約占發電從1/4到1/3的燃氣電廠將停擺。這對未來能源供應的安全性是一大挑戰。

實際上由於近年來油價飆漲及京都議定書生效，各國的核能政策已有調整跡象，如英國、美國。非核家園政策非世界的主流意見。核四應照原訂計畫完工運轉，核一、二、三廠以延役作為替代方案，並考慮在既有電廠加裝新核能機組。

在發展再生能源的政策上，不宜將推廣再生能源使用與發展再生能源產業兩者混為一談。從能源使用的角度來看，推廣再生能源使用應考量其淨能源效益，並進行包含減碳等外部效益的成本效益分析。不符上述兩項評估標準的再生能源，現階段不宜進行大規模推廣，而宜以挹注其研究發展以建立產業國際競爭力為重點。再生能源發展計畫除考慮以上二評估標準外，尚應考慮其工程施工的可行性、對環境的衝擊，並有合理的長期及分期計畫目標。

我們瞭解以上措施由於牽涉生產及消費行為的調整，將對國人的生活造成不便。但「天下沒有白吃的午餐」，地球只有一個，做為地球村的一員，我們必需承擔應盡的責任，參與國際社會的努力，以挽救全人類面臨的地球暖化危機。

（本文作者為中央研究院經濟研究所研究員）



# 永續能源政策下的核能定位
# --專訪原子能委員會蔡春鴻主任委員

◆編輯室

2008年5月20日新政府上台，行政院隨即於6月初發布「永續能源政策綱領」，今年的全國能源會議應是依循此綱領的精神，為能源政策的目標，以及為達到政策目標所採取的策略與政策工具，凝聚社會共識。

永續能源政策應包含：能源安全、經濟發展、環境保護，三大要素都應均衡兼顧。全國能源會議的指標年是2025年，有一部分更達2050年，這是呼應國際間京都議定書與後京都議定書時代溫室氣體減量的要求。

## 能源安全、經濟發展與環境保護必須三者兼顧

### 一、能源安全

能源安全首重能源供應穩定，我國現有能源有99.32%是依賴進口，幾乎沒有自產能源，完全稱不上穩定。由於過度依賴進口，因此必須注意能源供應的種類與區域應多元化，勿過於集中。此外，國際能源價格的波動、國防、軍事（包含能源供應地區的軍事情勢）等因素都會影響能源安全存量的指標，同時電力備載容量是否足夠也影響工業與民生安定。

我國自產能源比例僅占0.68%，進口能源占99.32%，如包含準自產的核能發電，則自主能源比例可達8.65%，自主能源比例仍偏低。

### 二、經濟發展

我國是進口能源比例高、又極度仰賴出口貿易的國家，能源與GDP（國民生產毛額）的關係過於密切，這不是好現象。如何將兩者脫鉤，使能源生產力提升、能源密集度降低，建立滿足未來4年經濟成長6%，及2015年每人年均所得達3萬美元經濟發展目標的能源安全供應系統，也是能源政策很重要的一環。

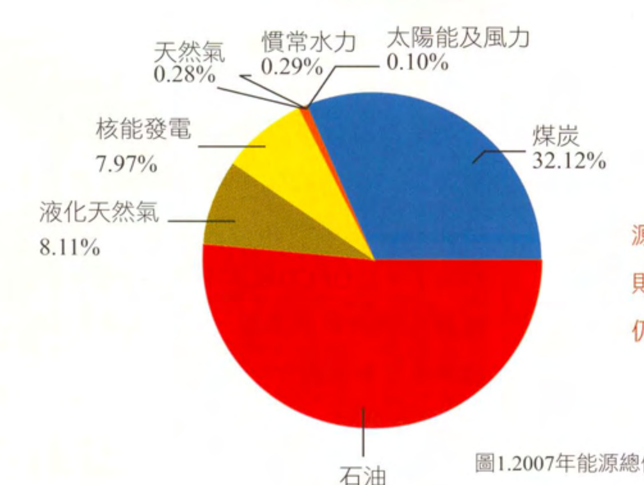



圖1.2007年能源總供給：14,724.1萬公秉油當量

我國自產能源比例僅占0.68%，進口能源占99.32%，如包含準自產的核能發電，則自主能源比例可達8.65%，自主能源比例仍偏低。

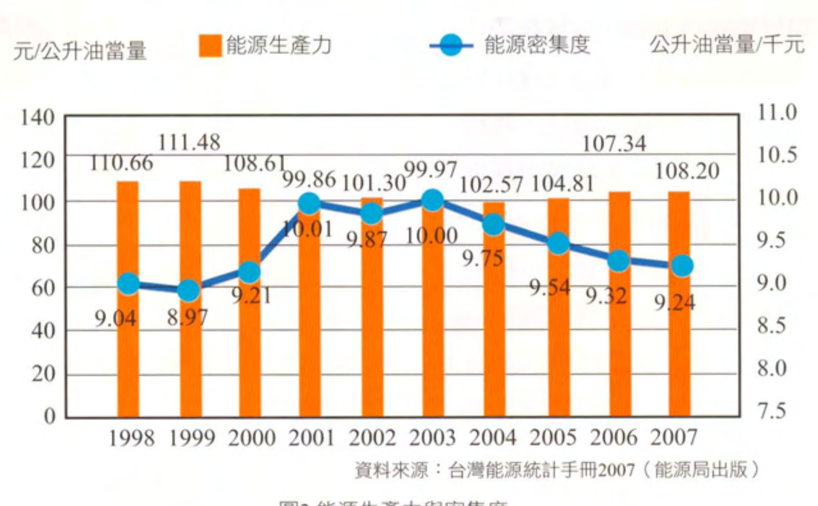



圖2.能源生產力與密集度

### 三、環境保護

早期的環境保護政策只著眼於污染防制，現在已經擴大為減少二氧化碳的排放量。自從1997年京都議定書草案在2005年完成簽署生效之後，全球暖化和二氧化碳排放減量的問題，很快地也將變成影響國際貿易的經濟議題，因此，環境保護與經濟發展已密不可分。

## 綱領中訂有階段性量化目標，需要逐一達成

### 一、節約能源與提高能源效率

未來8年平均每年要提高能源效率2%以上，使能源密集度於2015年較2005年下降20%，到2025年要減半。

### 二、二氧化碳排放減量

除了在需求端要節能達到減碳的目的之外，還要在供給端藉由發展潔淨能源，調整低碳能源的比例，使低碳能源在發電系統中的占比由2007年40%增加到2025年的55%以上，以達到二氧化碳排放量於2016年至2020年間回到2008年排放量，於2025年回到2000年排放量的目標。

### 三、確保能源安全供應系統，以滿足經濟發展需求

#### 1.進口能源依存度

2007年有99.32%能源進口，希望藉由推展再生能源，在2025年降低到92.2%；若考慮核能作為準自產能源，希望由2007年91.35%降為2025年的82%，也就是說包括核能的準自產能源比例到2025年能加倍（9%增加到18%）。從OECD國家中核能發電比例與自主能源比例的對照來看，自產能源比例越低的國家核能發電的比例就越高。

#### 2.能源密集度

目標為由2007年每千元GDP耗能9.2公升

油當量到2025年減半為4.6公升油當量，檢視我國過去的能源消耗與GDP成長一直都是緊密結合，即使是過去十多年間我國快速地由傳統加工業轉型為高比例的高科技產業，服務業比例也逐年增加，可是能源密集度仍無明顯改善。因此未來希望能源需求能與GDP脫鉤，到2025年能源密集度要減半的目標是很大的挑戰。

（編註：何謂油當量?主要能源如煤、石油、水力、風力等熱質的計算單位均有差異，為方便統計及量化，遂以石油每單位的熱量值可揮發能量為計算基準，將各項能源的使用質量統一換算成油品為基準單位，是為油當量）

### 3.二氧化碳排放密集度

由2007年每人平均排放11.7公噸到2005年降為9.3公噸，也就是2000年的排放量。要降低二氧化碳排放，除了節能之外，最重要的就是要增加核能和再生能源的比例。

## 為提高低碳能源，應加重核能占比

在永續能源政策綱領中規劃要改變能源結構、提高低碳能源的比例。目標是2025年再生能源（含水力）在發電能源中的比例要從2007年的3.9%增加到2025年的8%，天然氣的比例從2007年18.4%增加到2025年25%，同時要將核能作為無碳能源的選項。值得注意的是，在經歷過去8年的非核家園政策之後，政府能宣示將核能作為要達到二氧化碳減量目標的選項，已經為核能的重新定位作了象徵性的平反。其中核能的比例雖然沒有明確的數字，但是從國際能源署(IEA)2008年發表的世界能源展望，及近兩年世界各國發表的能源政策來看，重新檢討並適度增加核能發電已成為國際趨勢。同時我們國內的幾個研究機構使用能源模型針對二氧化碳排放的分析結果也顯示，若不採取有效的措施來維持，或甚至增加核能發電的比例，光依賴前述減低能源密集度和增加再生能源與天然氣的方案，以及我們未談到的電價調整與碳稅(或能源稅)、碳交易等政策工具，是不可能填補2025年二氧化碳排放回到2000年排放量目標的落差的。

## 原能會將謹守核能安全，積極培育人才

原子能委員會為原子能的主管機關，但主要的職責還是在核能安全的管制，至於上述核能發電的推廣和技術可行性評估，是經濟部和能源政策決策單位與電源開發單位的責任。可是，在考量能源結構和核能發電占比的時候，往往會有核能安全(包括核廢料處理)的疑慮。因此，原能會站在核能安全管制的立場，有責任讓民眾瞭解，原能會的首要任務是為民眾作好安全的把關工作，而且讓民眾瞭解國內核電廠的運轉實績與安全績效；民眾若仍有疑慮，原能會必須出面說明、溝通。

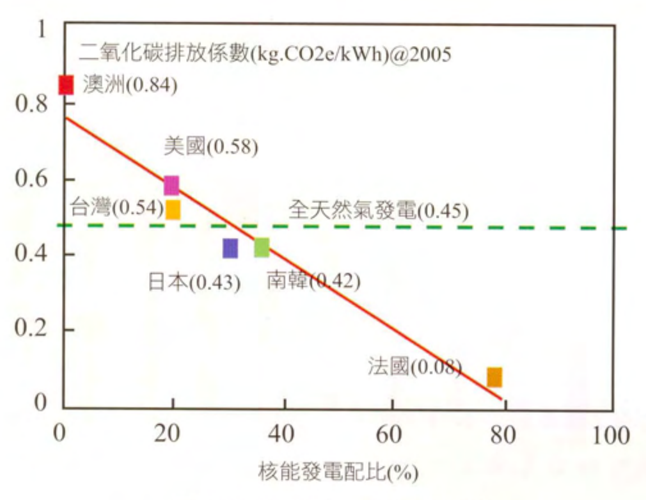



圖3.核能配比越大，減碳效果越好

原能會未來的工作方向，不僅是資訊透明化，還希望讓地方政府、各級民意代表、地方專業人士都能親身參與核能安全相關的監督工作，因為民意的支持和民眾的信心很重要。

再者，原能會將積極投入鼓勵核能人才培育，因為有優秀的人才，才能保障核能安全。除了清華大學已恢復核工研究所之外，近來國內有許多大學如北科大、高雄應大、義守大學等，都希望能開設核工相關學程，廣招跨領域的優秀學生加入。原能會將透過和國科會的合作提供經費的支援與鼓勵。

## 以「低碳家園」取代「非核家園」

4月15、16兩天將舉辦第3次全國能源會議，回顧1998年第1次能源會議和2005年第2次能源會議，都和京都議定書有密切的關係；現在要舉辦第3次能源會議，仍然是以因應全球暖化和二氧化碳減量為主要的議題。

這10年來，國內在政黨輪替後，民進黨政府雖然努力推動節約能源、鼓勵再生能源，但對於二氧化碳減量的成效不如預期。再加上極力推動非核政策，不但無法有效抑制能源需求的上升，而且大量增加化石燃料能源，來滿足能源的需求（97年的化石能源在初級能源供給的占比高達92%，在發電量的占比也高達76%），以至於二氧化碳排放量仍逐年急遽增加。從世界各國的例子可以很清楚的看到，二氧化碳排放的趨勢逐年降低的國家如法國、韓國和日本，都是積極增加核能比例的國家。若進一步把二氧化碳排放係數和核能發電配比的關係畫圖，可明顯看到核能配比越大減碳效果就越好(圖3)。






圖4.我國能源政策制定的歷史

## 沒有10年再讓我們浪費

全球暖化的議題10年前雖然已被注意到，但許多國家仍在觀望，甚至有許多科學家提出質疑，可是現在已普遍成為各國政府及全民的共識，更普遍體認到全球暖化問題的急迫性已超乎預期。我們沒有再一個10年可以觀望，可以浪費。若再加上經濟的蕭條和能源價格的急劇振盪，使環境議題與經濟因素之間的關係更為密切，更為複雜。

全國能源會議召開的目的是在凝聚社會共識，期待政府訂定更符合民眾期望，且對國家永續發展最有利和最可行的能源政策。因此我個人希望這次會議能對二氧化碳減量的急迫性有更高的共識，對低碳家園的目標、增加低碳能源配比的重要性有更高的共識，對積極發展再生能源的方向不只是有共識，也要有更積極務實的作法。

對於核能爭議的部分，希望各界能對這20年來國際上和國內對核能安全與廢棄物減量的努力有更多的了解，也希望能了解妥善處理和處置放射性廢棄物的必要性。更重要的是，希望對核能在扮演二氧化碳減量和邁向低碳社會的角色定位能達到共識，能以務實的「低碳家園」取代「非核家園」作為共同的目標。

# 站在研發的角度 談核能發電對台灣的重要性

◆ 施建樑・張淑君

隨著溫室氣體對環境影響之劇及全球能源資源匱乏，凸顯核能發電對民生經濟及環境的貢獻；也由於核能技術更臻成熟，提供亮麗的運轉安全實績及更安全的機組設計，世界各國已紛紛重新檢視核能政策，並視核能為準自產能源以強化國家能源安全體系。依據國際原子能總署(International Atomic Energy Agency; IAEA)網站[註1]2009年2月最新資料顯示，目前全球運轉中的核能機組共有436部，裝置容量達370百萬瓩；41部核能機組正在興建中，裝置容量達38百萬瓩。同時世界核能協會(World Nuclear Association；WNA)網站[註2]也登錄各國核能機組興建計畫達108部，裝置容量更達120百萬瓩，顯見核能發電已為近年來的趨勢。

## 核能發電在21世紀的復甦，主要可從以下3個面向來探討：

1. 核能屬低碳能源，是國家永續能源政策短中程的最佳選項，依據IPCC 2007的AR4報告[註3]，核能生命週期碳排放約每度3-40公克。而核能的安全存量可達3-4年，且具有供應來源穩定、能量密度高、運輸儲存便利等優點，OECD國家能源統計時已將其視為準自產能源。另目前核一、二、三廠發電成本每度約0.63元(含後端基金)，且燃料成本僅每度占15 %，不易受國際能源價格的波動，具有穩定電價的功能。
2. 核能技術更臻成熟，機組設計提供安全的保障，包括圍阻體的多重防禦設計、快速停機能力、安全注水系統等；另IAEA在1991年出版INSAG-4「安全文化導則」，其意旨為提昇安全文化，管理核能有關所有個人與組織的行動及互動，確保核能運轉的安全。

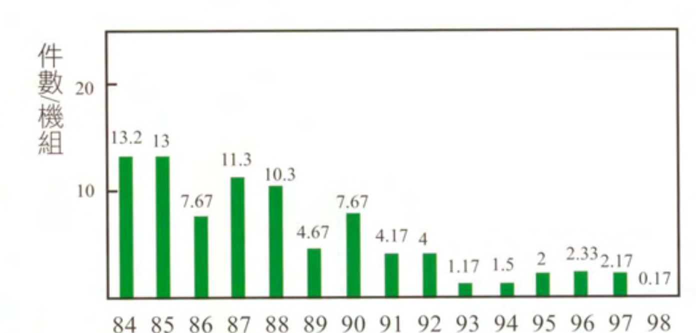



圖1.我國核能機組歷年異常事件平均件數統計圖(迄至98年元月底止)

3. 自1958年以來，有34個國家，共79座低放射性廢棄物最終處置場，多年來均持續安全運轉中，證明處置場的設置能夠做到安全的保障。至於高放射性廢棄物最終處置，目前唯一運轉的處置場為位於美國新墨西哥州的WIPP(Waste Isolation Pilot Plant)，是用來處置美國國防產生的超鈾元素廢棄物，自1999年運轉以來，已處置58,586立方公尺的廢棄物[註4]。而商業用高放射性廢棄物，一般採用所謂的深地層處置，是將用過核子燃料或經再處理產生的高放射性廢棄物，用厚達10-30公分的鈦、鎳或銅合金完全密封後，埋藏在地下500 – 1,000公尺深的堅固岩層裡。目前有芬蘭Onkalo及美國雅卡山兩座處置場，正在安全評估申照中。高放射性廢棄物所用

的深地層處置並沒有非常特殊的工程技術，它與地下礦藏開採、油井鑽探相當類似，技術風險不大，只要有嚴格的處置場的地質、地下水文調查，重要參數取得與驗證，評估模式與決策分析程序的建立，是可與人類生活圈永久隔離的。

核能研究所於2005年建立MARKAL-MACRO能源經濟模型，分析各項低碳能源（如天然氣、核能）、再生能源（如太陽能、水力、風能、生質能、氫能等）及低碳能源技術發展（如IGCC、CCS等），尋求國家的能源永續發展。研究中顯示再生能源及低碳能源技術發展在短程發展中，因發電成本過高或技術尚未商業化，而暫無法有效滿足國內能源需求及二氧化碳減量目標。在面臨基載電力的缺口下，國家短中期仍需依賴現有成熟的低碳能源技術，也就是天然氣與核能。但因天然氣發電成本約為核能發電的7-8倍，故在能源經濟模型的評估下，核能仍必須在國家短中期(50年內)的能源政策中扮演重要角色，以支撐我國基載電力結構。

核能研究所近年來在核能安全研發的重要貢獻，包括有支援管制機構(原能會)協助從事核電廠相關各項安全管制業務；提升核一、二、三廠運轉效能，透過系統安全評估的程序，由小功率(MUR)逐步到中/高功率(SPU)。3座電廠小幅度功率提昇約可減少台灣全年0.08 % 二氧化碳總排放量(約22萬公噸)，並增加約60百萬瓦電力，相當於蘭嶼與馬祖總電力需求；執行核一、二、三廠時限整體安全評估(TLIPA)，由整體安全評估的程序，協助核電廠建立規劃延續運轉的各項技術評估，為未來各機組的延役做準備；協助核四廠建立安全等級數位儀控軟體驗證，建立主控制室人因工程驗證，以及執行電動閥操作能力驗證測試等。

至於核能研究所在廢棄物減量與減容技術的發展與貢獻，最重要且受全世界矚目者，為核能研究所自行研發的低放射性廢液高效固化(HEST)技術，核三、二廠分別於1998年12月及2006年5月，採用核能研究所研發的「高減容固化技術」，使其固化廢棄物年產量降低至原來的1/6及1/3。3座核電廠在產、官、研的共同努力下，從2000年起固化廢棄物已降至1,000桶以內；2008年3座核電廠僅產生253桶，為歷年(1983年)最高產量12,258桶的2.1 %[註5]。

至於用過核子燃料乾式貯存，核能研究所於2005年7月，接受台電公司委託，執行核一廠用過核子燃料乾式貯存設施的建置，自國外引進先進技術，目前正順利執行中。

由以上核能研究所參與台電公司核能電廠的運轉、維護及興建的經驗，核能發電在過去一、二十年中，在國內外業者與管制機關的共同努力下，其成效與實績是有目共睹的。也就是說，一般仍有疑慮的核安及廢棄物問題，其實在技術上均已解決，在國內還有待建立共識。例如低放射性廢棄物處置

場，由於鄰避(Not in my back yard, NIMBY)效應，只要選出合適的場址，其餘均可由工程技術來克服。故包括原能會、台電公司及核能研究所等相關機關，應維持與國際同步的核安管制，提升電廠運轉績效，持續資訊公開與透明化，並確保核能發電安全，以提高民眾對核能發電的信賴度。

目前世界各國紛紛重新檢討能源政策並修正核能政策方向，均以仰賴核能為準自主能源，來強化國家的能源安全體系。而國際上原主張廢核或反核的國家如瑞典、瑞士、德國等，均已在相關二氧化碳減量及能源安全等政策中，闡述核能發電的實質貢獻，並將核能納入國家中、長程的能源計畫中。此亦為這次全國能源會議為何必須討論核能問題，也是應該重新檢視我國核能政策的時機。目前國內尚存有對核能的疑慮，並仍有「非核家園」的框架，但是這個理想應以「低碳家園」為基礎。在此呼籲國人，應正視核能的階段性任務，以核能作為國家短中期基載電力結構主力，並積極發展再生能源與低碳能源技術，長期(50年後)則朝非核家園願景邁進，才是現階段國家永續能源政策的出口。

參考文獻

註1.IAEA, 2009, Nuclear Power Plants Information, 2009年2月取自International Atomic Energy Agency PRIS網站：http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html

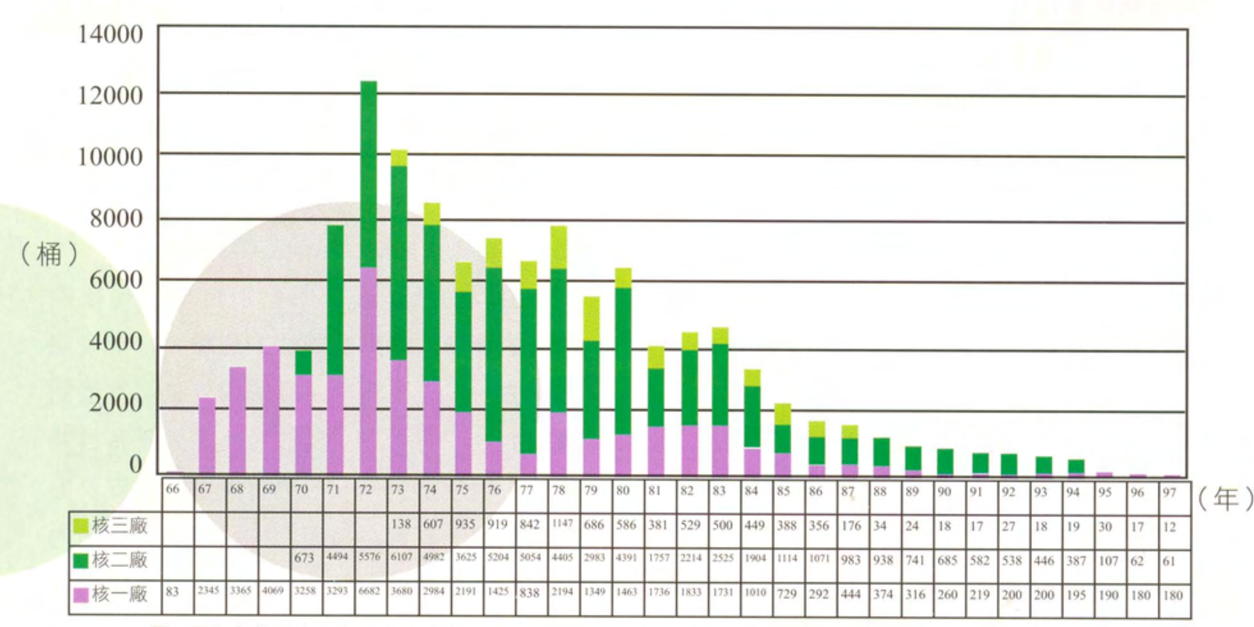
註2.WNA, 2009, Plans For New Reactors Worldwide, 2009年2月取自World Nuclear Association網站：http://www.world-nuclear.org/info/inf17.html

註3.IPCC 2007之AR4報告

註4.USDOE, 2009年3月取自WIPP網站：http://www.wipp.energy.gov/shipments.htm

註5.原能會物管局，2009，2008 12月核能電廠管制動態資訊

(本文作者為核能研究所研究員及助理研究員)

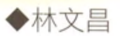


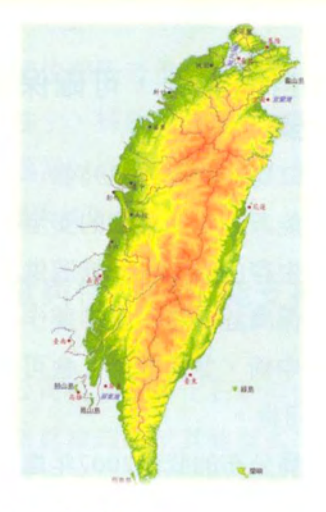

| | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 核三廠 | | | | | | | | 138 | 607 | 935 | 919 | 842 | 1147 | 686 | 586 | 381 |
| 核二廠 | | | | | 673 | 4494 | 5576 | 6107 | 4982 | 3625 | 5204 | 5054 | 4405 | 2983 | 4391 | 1757 |
| 核一廠 | 83 | 2345 | 3365 | 4069 | 3258 | 3293 | 6682 | 3680 | 2984 | 2191 | 1425 | 838 | 2194 | 1349 | 1463 | 1736 |

| | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 核三廠 | 529 | 500 | 449 | 388 | 356 | 176 | 34 | 24 | 18 | 17 | 27 | 18 | 19 | 30 | 17 | 12 |
| 核二廠 | 2214 | 2525 | 1904 | 1114 | 1071 | 983 | 938 | 741 | 685 | 582 | 538 | 446 | 387 | 107 | 62 | 61 |
| 核一廠 | 1833 | 1731 | 1010 | 729 | 292 | 444 | 374 | 316 | 260 | 219 | 200 | 200 | 195 | 190 | 180 | 180 |

圖2.國內各核電廠歷年固化廢棄物產量圖

# 我國二氧化碳減量的必要選擇
# 核能發電



## 消失中的海岸線

自從1750年工業革命以來，大氣層中二氧化碳濃度已經增加了31%，若再不採取任何防制措施，到了2100年，全球平均地面氣溫將比1990年增加1.4－5.8℃，海平面將上升0.09－0.88公尺，溫室效應對於整個生態環境及全球氣候，也將造成深遠而不可知的影響。上圖為虛擬台灣因全球溫室效應持續惡化，海平面不斷上升，終至吞噬台北、宜蘭與部分嘉南平原。

## 核能發電不會排放二氧化碳

核能發電是使用「鈾」或「鈽」等元素做為燃料，當核燃料裡面的「鈾-235」或「鈽-239」受到慢速中子的撞擊後，其原子核會分裂成兩個較小的原子核，並釋放出大量的熱能，利用這些熱能使水變成水蒸氣來推動汽輪機並帶動發電機，產生電力。整個發電過程，不會產生任何二氧化碳，故核能被視為解決全球溫室效應的重要選擇。

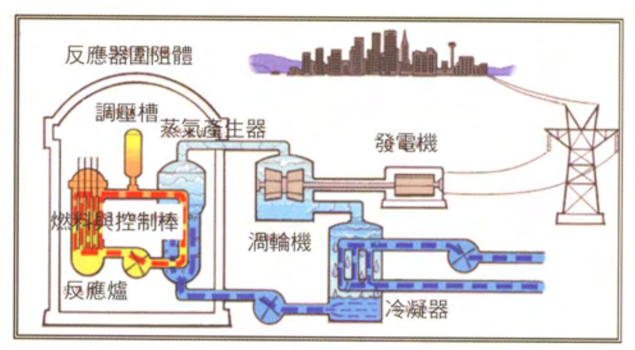



圖1.核能電廠示意圖

## 全球核能發電產業再度復甦

美國1979年發生「三哩島核電廠爐心熔毀事件」後，美國各電力公司考量民意反對興建核電廠及投資風險過高，從該年起停止所有興建核電廠計畫。但是2005年，因為一部電影：「明天過後」，描述全球氣候因溫室氣體而劇變的故事，美國贊成與反對核電狀況有了顯著的變化。加上國際石油、煤碳、天然氣價格飆漲及碳稅的考量，2008年贊成核電的比率達到74%，於是美國許多電力公司開始投入人力進行核電廠廠址與建廠執照申請。目前美國有104部核能機組正在運轉，另有32部新核能機組計畫興建中。

歐洲方面，1986年「蘇聯車諾比爾核電廠爆炸事件」發生後，歐洲國家受到嚴重的心理衝擊。雖然此事件肇因於車諾比爾電廠先天上的設計缺失，但歐洲部分國家如瑞典、丹麥、義大利、西班牙、比利時、德國皆立法邁向或成為「非核家園」國家。2005年，「京都議定書」強制生效，內容要求將大氣中的「人為溫室氣體」濃度穩定在不危

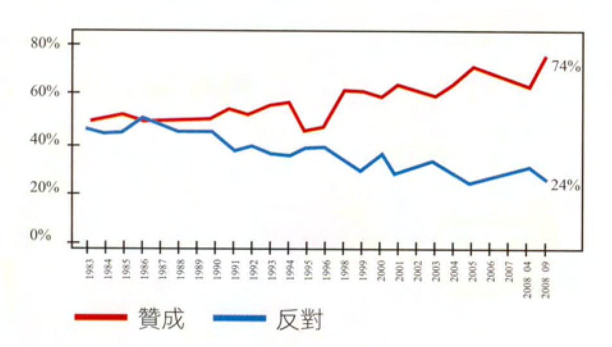



圖2.美國擁核與反核民意消長趨勢

及氣候系統的水平。歐盟國家至2012年溫室氣體排放必須較1990年再減8%。另一方面，化石燃料價格的飆漲與2008年冬天蘇聯中斷東歐天然氣供應後，上述事件讓瑞典、義大利、英國等國紛紛重啟核能政策，並分別規劃大舉興建核能電廠。

中國2008年長江沿岸各省發生大風雪造成運輸困難，電力燃煤供應不足，造成13個省級電網限電，國家電力一度崩潰並進入緊急狀況。這事件使得中國政府決定至2020年，將核能發電的比例從目前1.3% (900萬瓩)擴大提升到5%(7,000萬瓩)。

## 核能為準自產能源，可確保國家能源供應之安全

世界人口到2045年將達95億，人類的生存必須倚賴能源，能源供應的安全在確保整體國家人民生存的安全，而能源供應安全的措施應以「保障經濟體系正常運作，避免突發性的供應中斷，並能提供社會可接受的能源價格」為目標。

從能源局公布的我國2007年進口能源占比已達99.32%，石油依存度達51%，且近乎全部仰賴進口。在2008年的發電結構中，化石能源中煤占了42.6%，燃氣占23.2%，燃油占5.4%；而石油安全存量只有60天、燃煤為30天、燃氣約為8天，萬一海運中斷超過安全期，社會安全與產業秩序恐難確保。我國目前核能發電比例占16.5%，核燃料雖是進口能源，但因其體積小、能量密度高、運儲方便，安全存量約有3年，不會受短期的天災或國際局勢影響，故可視核能為準自產能源。

表1、核四廠與其他方式發電成本分析比較表(25年均化發電成本)

單位:元/度(資料來源:台灣電力公司2006年計算)

| 項目 | 核四廠-核能 | 慣常燃煤 | 慣常燃重油 | 複循環燃氣 |
|---|---|---|---|---|
| 建廠投資25年固定攤提費 | 1.129 | 0.681 | 0.587 | 0.412 |
| 運轉維護費 | 0.208 | 0.295 | 0.191 | 0.074 |
| 燃料費用 | 0.149 | 0.741 | 1.260 | 1.699 |
| 燃料儲存利息 | | 0.009 | 0.012 | 0.016 |
| 核能後端營運費 | 0.170 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 地方捐助基金 | 0.032 | 0.032 | 0.032 | 0.032 |
| 發電成本合計 | **1.689** | **1.758** | **2.082** | **2.233** |
| 燃料所占成本比例 | 8.8% | 42.2% | 60.5% | 76.1% |

日、韓兩國也都因考量「能源來源、補給與價格安全性」，持續提高核能發電比例，若我國也能適當的增加核電比例，將對能源供應安全有極大的助益。

## 核能供電與價格穩定能支持經濟永續發展

台電公司在2006年化石燃料價格未狂飆前，曾以新建核四廠及其他型式電廠的單位發電成本進行分析比較，即使僅用25年投資成本攤提(註：核能電廠壽命可達40-60年)，核電的成本最低(表1)。雖然核燃料也會因國際情勢干擾而價格波動，但核能發電成本中，燃料成本僅占8.8%，假設所有進口燃料成本皆同步增加3倍，核能發電成本可以維持在每度2元，但天然氣發電成本則暴漲至每度7.3元，核能電力成本相對於化石燃料低且穩定，可以穩定支援經濟的永續發展。

## 核能與再生能源的比較

很多環保人士提倡再生能源，包括生質能、風力與太陽能；以廢棄物生產生質能的技術與產量都有長足的進步，但目前大都還是以液態燃料形式直接進入能源市場，以發電形式產生的產量仍屬有限。而根據美國能源部委託國家再生能源實驗室評估發現：「太陽能及風力發電系統因受氣候影響，其容量因數約20至30%，如果太陽能及風力發電占系統供電比例達10%以上，在沒有儲能設備下，其可靠度會對整體供電系統產生衝擊。且價格過高的再生能源將被電業自由競爭市場所淘汰，除非政府以碳稅或其他方式補助」。歐洲少部分國家太陽能及風力發電比例超過10%以上，但整個歐洲大電力網，太陽能及風力發電比例仍然控制在10%以下。

我國風力發電系統在夏季用電尖峰期的供電能力比較差，約為冬季容量因數的一成，風力發電機組明顯無法在我國電力需求高峰的夏季擔當重任。

中國與美國因內陸人口稀少的土地資源豐沛，於是在水資源極度缺乏與工業化程度較低的地區，發展太陽能與風力發電。但是台灣沒有類似的土地資源，目前台灣雖鼓勵建築物加裝太陽能設備，但是一般家庭的尖峰用電都是在太陽下山以後，太陽能設備的確受到日照時間的限制。

## 台灣電力公司核能發電的營運績效卓著

1989年世界核能運轉協會（World Association of Nuclear Operators，WANO）成立後，建立各種代表商用核能電廠「安全度」及「可靠度」客觀與公正的績效指標，以作為各會員公司內部的管理工具，及世界核能機組的比較基礎。我國各核電廠在2007年已有超過半數指標進入WANO前1/4。我國核能機組容量因數已達約90%，年發電量已突破390億度，運轉安全與供電品質非常可靠。2008年核能每度發電成本0.623元，僅為全系

統平均發電成本28%，對大幅度降低二氧化碳排放與穩定電力價格，貢獻卓著。

## 結語

從台灣孤懸海外、地狹人稠、缺乏能源的各種特性來說，要維持經濟發展、環境保護、能源安全的三贏，除要積極開發可行的再生能源，調節尖載用電，並協助減碳之外，更須維持並開發穩定且清潔的基載電源，以便兼顧經濟發展與環境保護，提升台灣的競爭力。以台灣的處境，可選擇的這類能源並不多，參考與台灣同屬資源匱乏的法國、日本與韓國，其發展策略殊無二致，均以發展核能作為維繫社會命脈、抑減排碳的不二法門。我國經營核能已逾數十年，運轉維護技術精熟，安全已可確保，要達成政府「永續能源政策綱領」所揭櫫的減碳目標，持續發展核能發電擴大占比是必要的選擇。

參考資料:
1.台灣電力公司「97年台電電源開發方案」
2.台灣電力公司「97年台灣電業永續發展」陳貴明董事長
3.「能源安全體系建置」吳榮華教授
4.中央研究院經濟研究所「核能四廠與其他火力電廠社會總成本之比較」梁啟源先生
5.核能研究所「我國核能能源發展策略分析」蔡春鴻等36位學者
6.維基自由百科全書 網站
7.World Nuclear News網站
8.World Nuclear Association網站
9.聯合國氣候變化政府間專家委員會（IPCC）的第3次評估報告
（本為作者為台灣電力公司核能發電處處長）

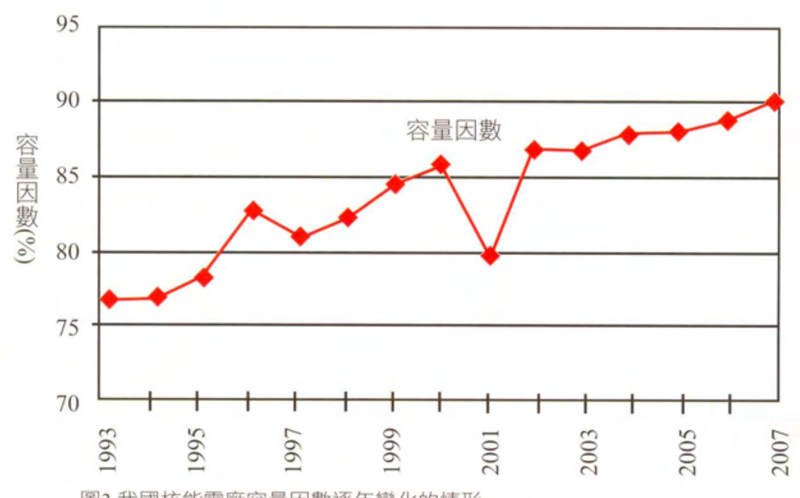
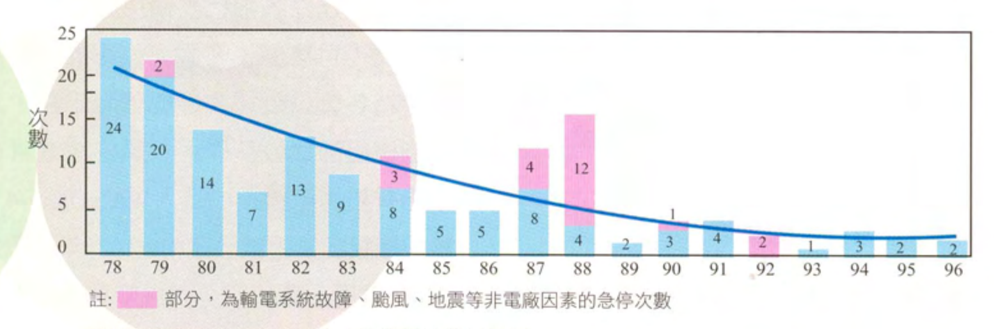


圖3.我國核能電廠容量因數逐年變化的情形



註: 部分，為輸電系統故障、颱風、地震等非電廠因素的急停次數

圖4.歷年核能機組非計畫性自動急停次數統計圖

# 從技術層面探討核廢料處理

◆蔡顯修

## 前言

與一般工廠或火力電廠相同，核能電廠也會伴隨產生廢棄物。根據我國法規的規定，核能電廠日常運轉、維護所產生的廢棄物可分為低放射性廢棄物及高放射性廢棄物兩類。高放射性廢棄物是指用過核子燃料，除此之外的其他放射性廢棄物，均歸類為低放射性廢棄物；兩者一般外界俗稱核廢料。核廢料與一般事業廢棄物不同之處在於其含有放射性，但會隨著時間而自然衰減。也因具有放射性，因此容易偵測，便於嚴格控制及管理。

有些關心核能發電的民眾質疑台電公司是否能妥善處理核廢料，質疑的重點是其最終去處。廣義上的核廢料處理，包括處理、貯存、運輸與最終處置等過程，依國際上的共同作法，其終極目標則為完成最終處置，各項過程所需的技術現階段均已成熟，國際上並已有實務經驗。

## 低放射性廢棄物處理

### 一、處理與貯存現況

低放射性廢棄物包括核能電廠運轉期間由操作、維護及除污等所產生的受污染的衣物、工具及廢棄的零組件、設備、樹脂及水處理殘渣等，屬於半衰期較短的放射性廢棄物；核能電廠停止運轉除役後拆廠所產生的廢棄物，如廠房內受污染設備及混凝土結構物等，也屬低放射性廢棄物。

在低放射性廢棄物方面，現階段台電公司參照歐、美、日等核能先進國家的作法，將放射性廢棄物分別經由焚化、壓縮或固化等安定化處理程序后，暫時貯存在各核能電廠或集中的貯存設施（如蘭嶼貯存場），未來再送至最終處置場進行處置。

核一、二廠目前所啟用的貯存庫，是世界上最現代化的廢棄物貯存庫，其外牆鋼筋混凝土厚達85公分，可有效阻隔輻射。另結構設計已考慮防震、防洪、防颱、防火及其他相關要求，符合安全的設計。核能電廠的貯存庫及蘭嶼貯存場如圖1與圖2。



圖1：核能電廠低放射性廢棄物貯存庫



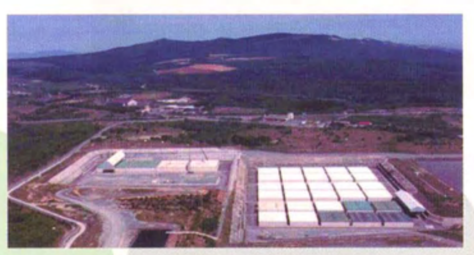
圖2：蘭嶼貯存場

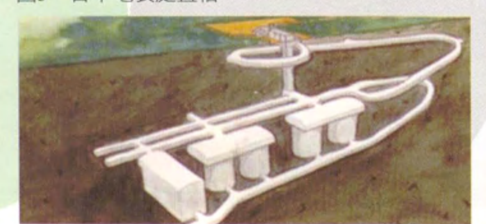
## 二、最終處置

低放射性廢棄物最終處置的方法，是將廢棄物永久地安置於和人類生活環境隔離的處所，不再取出。藉工程結構的工程障壁及岩石土壤的天然障壁相互配合，以阻絕廢棄物中放射性核種的遷移或擴散。以確實維護處置場及其鄰近地區的環境品質，確保場內工作人員和場外民眾的安全。由於低放射性廢棄物中所含的放射性核種，相對上其半衰期較短，放射性強度也較弱，因此處置設施的場址條件要求不如用過核子燃料處置場嚴格，單以妥善的工程障壁即可符合安全功能需求。日本地表處置槽及芬蘭洞穴處置窖是國際上成功的案例，如圖3與圖4。

台電公司遵照「放射性物料管理法」規定，向原子能委員會提報的「低放射性廢棄物最終處置計畫書」，於93年1月獲原能會同意核備。台電公司依該計畫書規劃時程辦理可能場址調查工作，期間行政院推動以公開、專業並尊重民意的選址原則，研擬「低放射性廢棄物最終處置設施場址選定條例草案」送請立法院審議。該條例於95年5月完成立法公布施行，定名為「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」（簡稱「場址設置條例」）。

依據該條例規定，選址主辦機關為經濟部，台電公司則被指定為選址作業者，配合主辦機關與其選址小組辦理選址作業相關工作。場址設置條例將公民投票機制納入成為選址必要程序，選址小組遴選出的建議候


圖3：日本地表處置槽


圖4：芬蘭洞穴處置窖

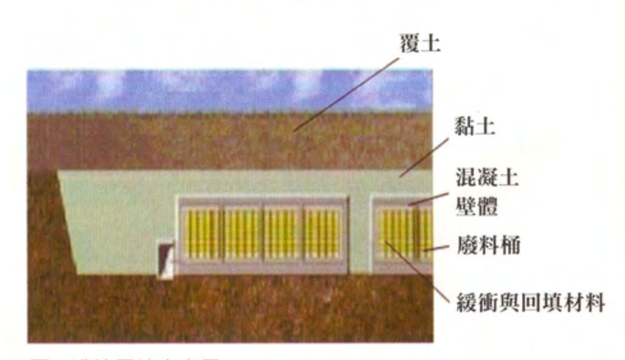


圖5 淺地層地表處置

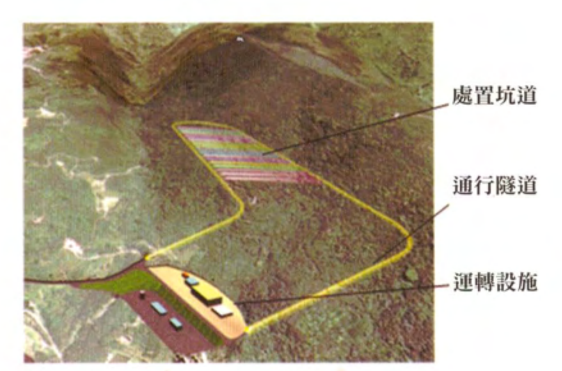


圖6 隧道處置

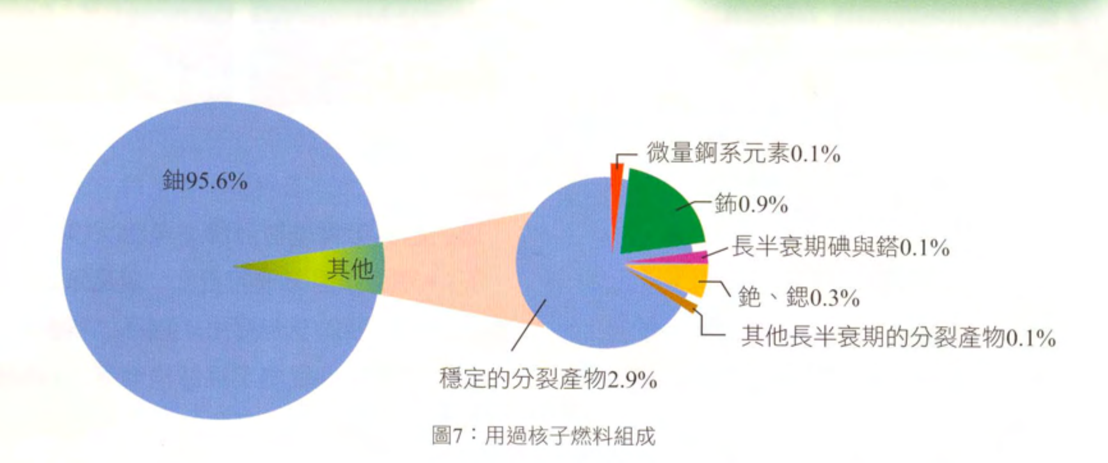



圖7：用過核子燃料組成

選場址須經場址所在地（縣）公民投票同意後，才能成為候選場址，並進行環境影響評估作業。最後由行政院核定為最終處置設施場址，後續的設計興建與運轉執照審核等工作預計需5年。

國內對低放射性廢棄物最終處置方式的規劃分為淺地層地表處置及隧道處置兩種，將視候選場址的特性決定選用。在地勢較平緩的地區將採淺地層地表處置，即將低放射性廢棄物置於地表下30公尺內的鋼筋混凝土處置窖中。置滿後，以水泥灌漿填滿空隙並封蓋，再以不同的土壤(或其他材料)分層覆蓋並植栽，封閉後場區即如同綠地，處置概念示意如圖5。在地勢高低起伏的山區則採隧道處置，即將低放射性廢棄物置於隧道或山洞中，再以水泥及土壤將山洞填滿封閉，封閉後外觀與場外地區將無分別，處置概念示意如圖6。

## 用過核子燃料處理

### 一、特性及營運方式

台電公司各核能電廠每運轉18個月，即須自核反應器爐心退出約1/3燃耗過的核子燃料，並填換新的核子燃料。所退出燃耗過的核子燃料，即稱為用過核子燃料。

用過核子燃料的組成約含95.6%鈾、0.9%鈽及3.5%的分裂產物及微量錒系元素，詳細組成如圖7。

用過核子燃料中仍含有可回收的鈾、鈽等有用資源，因此對於用過核子燃料的營運，台電公司是參照國際間的作法，採取濕式貯存、乾式貯存、最終處置或再處理3階段營運方式。目前各核電廠的用過核子燃料，均存放在廠區內的貯存水池中，進行溼式貯存階段。

### 二、各階段營運方式

#### 1.用過核子燃料的水池冷卻(第1階段)

用過核子燃料從反應器退出時含有衰變熱及放射性，必須將其先暫存在用過核子燃料貯存水池中進行冷却。台電公司所有核能電廠所產生的用過核子燃料，目前均貯存於各電廠內的水池中進行冷卻，此為用過核子

混凝土護箱　混凝土窖　混凝土模組　金屬護箱







圖8：用過核子燃料乾式貯存設施型式

燃料第1階段的管理策略。

### 2.用過核子燃料的乾式貯存(第2階段)

國際上大多數早期興建的核電廠，所設計的用過核子燃料水池容量有限，無法貯存核能電廠運轉40年所產生的所有用過核子燃料，台電公司現有運轉中的核一廠及核二廠亦然。因此，需在核電廠廠址內另興建乾式貯存設施，將經水池充分冷卻的用過核子燃料移至乾式貯存設施，以維持核能電廠的持續運轉發電，並提供足夠的時間為用過核子燃料最終的營運方式做最佳的規劃。國際上通用的乾式貯存設施型式如圖8。

### 3.用過核子燃料的直接處置或再處理(第3階段)

用過核子燃料的營運策略包括「直接處置」及「再處理」兩種方式。目前世界先進國家已對用過核子燃料及高放射性廢棄物的直接處置提出深層地質處置、深孔處置、冰層處置及核種轉換處置等不同方案。其中深層地質處置法是目前工程技術上最具發展潛力，且最具可行性的方案。核能先進國家如美國、瑞典、瑞士、日本、法國、加拿大、比利時、西德、英國等均採行此一方案，並積極進行系統化的規劃與研究。

深層地質處置是將經過冷卻、妥善封裝後的用過核子燃料視為廢棄物，並送入合適的地質環境進行深層處置(地表300公尺以下)。藉由多重障壁的概念，以處置場所在的天然母岩，以及包括用過核子燃料密封罐、回填材料、處置場工程結構體等工程障壁，阻滯放射性核種的遷移，永久與人類生活圈隔離。其優點為費用可能較低，概念簡單。其缺點為用過核子燃料放射性高，延續時間長。目前各核能國家均在積極規劃設置用過核子燃料處置場，預計分別於2017－2062年開始啟用。至於高放射性廢棄物的最終處置，美國已在新墨西哥州設置一座處置場並從1999年開始營運。

台電公司於93年11月完成「用過核子燃料最終處置計畫書」，原能會於95年7月核備該計畫書。目前台電公司正依計畫書持續推動用過核子燃料直接處置計畫中，至於是否進行再處理，台電公司仍在研議中。

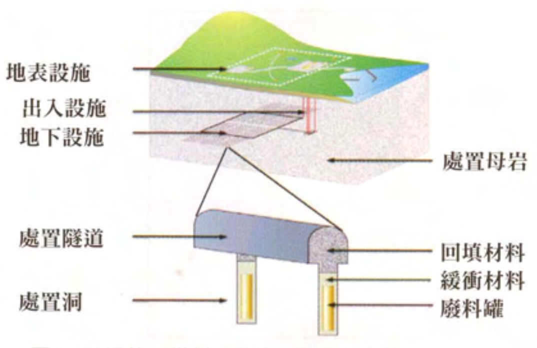



圖9：用過核子燃料最終處置概念示意圖

（1）最終處置

現階段國內處置系統初步規劃如下:

· 處置概念：採多重障壁處置概念。
· 處置母岩：結晶岩類(花崗岩為主)。
· 處置設施深度：地表下300-1,000公尺。
· 廢料罐：圓柱狀，外殼為銅質內裡為鑄鐵。
· 廢料罐置放方式：採用隧道地面鑽孔垂直置放的方式。
· 緩衝材料：膨潤土。
· 回填材料：膨潤土與花崗岩岩屑混合物。

處置系統分為地表設施、連通設施與處置設施。最終處置概念示意圖如圖9。

（2）再處理

再處理方式即對用過核子燃料中所含約96.5%的有用核物料進行分離並回收利用，剩下的廢棄物予以玻璃固化後進行深層地質處置。其優點為資源利用率提高，減少放射性廢棄物處置體積，並降低其放射性，符合環境保護原則。其缺點為費用可能較直接處置方式高。

用過核子燃料中的鈾及鈽經再處理後可回收混合後製成「混和氧化（MOX）核子燃料」，供現有的輕水式核能電廠重新使用。瑞士核能電廠於1978年開始使用MOX核燃料，為國際上最早使用者。迄今，國際上已有36部核能機組裝填MOX核子燃料，使用的國家包括法國、比利時、德國、瑞士、日本和美國。另外，已有超過20部核能機組使用再處理後回收鈾製成的核燃料。

目前具備商用再處理設施的國家為法、英、俄、日等4國，其中法、英、俄3國至2005年底止，總計已處理約28,900噸（鈾當量）的用過核子燃料，其中約74%是由法國再處理廠處理。日本於青森縣六所村興建的再處理廠（容量為800噸/年）正進行試運轉中。

## 結語

核廢料的處理，不論低放射性廢棄物或用過核子燃料的最終處置，都是技術層面上可以解決的問題。能否順利推動的關鍵在於民眾的認同與支持，尤其是最終處置場址所在地居民的接受度。由國外最終處置場及蘭嶼貯存場的運轉經驗顯示，核廢料的貯存處置設施在各國管制機關的安全監督下，對周遭的民眾與環境不致造成不良的影響。反而由於設施的設置增添居民福祉，甚至促進地方產業與觀光，達到共存共榮的境界。因此，政府與台電公司將積極與民眾溝通協商，消除非技術層面的問題，以順利推動最終處置計畫。

（本文作者為台灣電力公司核能後端營運處處長）

# 台日核能交流座談 分享公眾溝通經驗(中)

◆ 編輯室

時間：97年12月20日
地點：清華大學生醫工程與環境科學系館（原名原子科學系）
主辦單位：財團法人核能資訊中心
專題演講：1.台灣核能發電的現況與未來展望
2.日本核能發電的現況與未來展望
3.日本Senior NetWork (SNW)委員會活動介紹
分組討論：1.公眾對核能發電的接受度
2.核能的前景
3.台日核能人才交流

## 前言

為加強國際間核能相關議題的交流，財團法人核能資訊中心邀請日本SNW委員會11位自核能產官學界退休人士，舉辦座談會，期望藉此學習日本成功的公眾溝通經驗與模式。

與會的日本專家有前任原子力委員會主委竹內哲夫、原子力燃料公司前任董事長荒井利治、日立公司前任核能事業處總經理林勉、東芝電廠建設公司前任董事長伊藤睦、IHI企業前任核能部總工程師石井正則、AITEL企業前任副執行長小川博巳、東京電力公司前任總經理斎藤修、KG Berau公司前任總經理辻萬亀雄、三菱重工公司機械處總部前任總經理金氏顯，以及現任全球核燃料-日本公司執行長西村章、日本原子力產業協會政策推廣部資深經理西鄉正雄等人。



左二為日本非營利組織ENERGYNET理事長小川博巳，右二為台電公司公眾服務處主任李忠正

## 第一組--公眾對核能發電的接受度

### 李忠正（台電公司公眾服務處主任）：

我國於民國91年公布的國民教育九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域課程綱要，遵循此綱要，目前我國「國小自然課程教材」及「國中理化教材」中均編有內含核能發電的能源淺述課程章節。在我國「高級中學基礎物理高一共同必修課程」中，更有專章詳述能源與核能章節。

為培養各縣市高中、國中小學教師成為核能教育種子教師，協助國人傳播正確的核能安全和輻射防護知識，自民國95年暑假起，由行政院原子能委員會和中華民國核能學會合辦「核能教育種子教師研習營」。台電公司更早於民國70年代，利用每年寒暑假期間，辦理「全國中小學教師電力建設研習營」，目前則分台灣北、中、南、東部等地區辦裡，邀請該地區中小學教師參與研習，培養研習教師正確地核能發電知識，以利我國能源教育的推廣。

為推展全方位電力溝通，台電於民國80年在核二廠區成立「北部展示館」，94年在核三廠區成立「南部展示館」。兩處展示館自開館以來，成效斐然，每年均有12-14萬人次參訪。

台電自民國86年起，即與國立清華大學原子科學系〈今之生物醫學工程與環境科學系〉合作，執行「全國高中職、大專電力溝通宣導」方案。此活動每年參加人數由當初2,400人成長至今年4,800人，成果相當豐碩。

民國81年至88年，是核四廠預算於立法院審議，與核四建廠抗爭最激烈時期。為提升國人的核電認知與支持度，台電利用國小每周三下午教師進修時段，主動邀請台北縣市、基隆市各國小教師，至核二廠與北部展示館實地參訪，以釐清核能真相。

## 台電公司針對核能發電的媒體溝通作法

一、2000年至2008年期間，由於政府的非核家園政策，台電奉上級主管機關命令，不主動對外進行核能溝通工作（2000年撤銷核能溝通中心組織）。

二、近年來，媒體報導核能相關的議題有：1.核能電廠營運概況；2.核四廠建廠工程有關安全、設計、與環保層面；3.低、高放射性廢棄物最終處置設施計畫4.蘭嶼低放射性廢棄物桶貯存場遷移；5.核三廠出水口外南灣海域珊瑚白化。

三、台電新聞媒體溝通作法為：1.適時發布新聞稿；2.遇重大事故時召開記者座談會；3.邀請記者實地採訪；4.安排發言人接受採訪；5.安排媒體專題報導。

四、我國自1980年代，由於核能具高度敏感與爭議特性，在兩黨毫無共識地政治化意識影響之下，媒體溝通對象除電力記者外，尚包括要聞、國會、科技、環保、社會記者等，溝通對象廣泛，且部分媒體預設立場鮮明，較不利溝通。

五、由於國際間對溫室氣體排放管制議題廣為重視，近年來核能發電利用再度成為全球討論矚目的焦點，並有復甦的跡象。我國缺乏自產能源，核能發電可能是未來發電結構必須思考的選項，台電將持續與媒體保持良好互動，待政策明朗確定後，積極展開媒體溝通。



原能會專家向日本貴賓請教提問，原能會主任委員蔡春鴻也參與第一組分組座談（左二）

## 小川博巳（日本非營利組織ENERGYNET理事長）：

日本文部省未將能源教育納入學習綱領，教職員團體卻放入反核議題，造成學生的認知偏差。放射性方面的教材則如車諾比爾事故、原子彈爆炸等負面內容，缺乏輻射方面基礎教育。原子力學會曾呼籲文部省針對此做檢查、改善偏差。今年已在學習綱領中放入核能、放射性的性質、應用之說明。

台灣對核能教育比日本更進步，對此表示敬意。日本大學原子能教育部分是設立原子能專門科系，但是曾因核能電廠發生事故，電廠人員竄改事故原因，讓民眾失去信心，因此原子能專門科系遭到裁撤。目前全世界逐漸恢復使用核能，日本重設核能工學科系應有望。

成立SNW委員會最初的宗旨：對少數學習核能科系的學生予以肯定。座談會一開始先演講，再進行分組對話，最後由學生做簡報、發表結論與感想，從中知道獲得哪些知識。初始對一般學生進行溝通，現轉向教育系學生，未來成為教師之後，可再將正確核能知識傳遞給學生。

2007年8月日本發生中越地震之後，NHK的不當報導，以及非常多媒體的煽動性報導，以商業、吸睛效果取向，嚴重誤導閱聽大眾。報導中指出柏崎刈羽電廠外洩的輻射劑量高達9萬貝克（自然背景值是7千貝克），如13人同時做高劑量的輻射海水浴一般。現代週刊的標題：「急性死亡將達20萬人」；昭日週刊的標題：「死之灰之戰慄」。次日，法國媒體報導：「中越地震震度強大，但是機組受害輕微，有輕微輻射洩漏，但對環境無影響」。法國媒體的正確報導非常重要，日本將效法、繼續努力。SNW在中越地震之後組成「考量核能報導委員會」，糾正媒體不實報導，抗議誤導行為，現已逐漸改善。

NHK是國家公共電視台，在教育性節目中播出，同時還出版教材，有一系列節目：「享受知」。其播出內容應受到嚴格檢查，電視台應先做詳細的查證工作。很遺憾的，並不是，NHK內部審查程序外界並不清楚。因此SNW發出抗議，NHK應受驗證、檢驗，報導內容應有事實根據，SNW依據NHK的審查驗證條例一一提出糾正、反駁。日方將提供抗議文供台方參考使用。

日本戰後64年、原子彈轟炸後一直都有這類報導。日本50年前開始發展核能，強烈

意識到應用於和平用途，早期有反核人士，尤其1990至2000年時，日本反核勢力更強烈，最嚴重的是東電竄改事故原因，造成嚴重打擊。國家計畫文殊電廠發生鈉洩漏，十幾年仍無法運轉。

竹內哲夫補充：本分組座談會兩議題對於核能正常發展是重要領域，偏差報導、偏差教育，被視為是「虐待核能現象」，被稱做核能失落的十年。很多事未能改正，本人應做反省。核能是國家政策，被國家電台扯後腿，推動政策的能力似乎太弱。政治家、一般報導，需要選票，卻未優先推動核能。

小川博巳：核燃料循環一六所村再處理廠是竹內哲夫先生擔任原子力委員會主委時，與當地民眾充分溝通說明，經過認可之後設置，高放射性廢棄物的處置部分仍有相當大阻力。之前委託英法進行再處理，剩餘物玻璃固化後送回日本，現在日本已經可以自己進行再處理。

日本NUMO組織曾徵求地方政府自願參加廠址徵選，可獲10億日圓自願金，高知縣東洋町町長田嶋裕起自願，但遭到高知縣知事與其他市町町長的反彈。外界反核團體嚴加撻伐、抨擊田嶋町長，隨後田嶋町長辭職，希望回歸民意決定。町長希望能將東洋町建成現代核能市鎮，但是在町長選舉中失敗。田嶋町長將此過程出書一小鎮的原子力戰爭，內容重點與SNW的理念相同。



原能會副主委謝得志

## 第二組分組座談—核能的前景

### 第一部分：能源安全與全球暖化考量
### 謝得志（原子能委員會副主任委員）：

永續能源發展應兼顧「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」，以滿足未來世代發展的需要。台灣自然資源不足，環境承載有限，永續能源政策應將有限資源作有「效率」的使用，開發對環境友善的「潔淨」能源，與確保持續「穩定」的能源供應，以創造跨世代能源、環保與經濟三贏願景。

台灣的自主能源只有2.2%，若加上核能也只有9.7%，比日本（含核能）的19%低很多。我國2005年能源密集度（生產每單位GDP所需投入之能源）為185公斤油當量/千美元，雖低於美國、加拿大、韓國及澳洲，但仍高於日本及歐盟主要國家。每人每年平均排放11.41公噸，遠高於日本的9.5公噸，高居全世界第16名。

### 政府為兼顧能源安全、經濟發展與環境保護，訂定永續能源政策的目標：

1.提高能源效率：未來8年每年提高能源效率2%以上，使能源密集度於2015年較2005年下降20%以上；並藉由技術突破及配套措施，2025年時下降50%以上。

2.發展潔淨能源：(1)全國二氧化碳排放減量，於2016年至2020年間回到2008年排放量，於2025年回到2000年排放量。(2)發電系統中低碳能源占比由40%增加至2025年的55%以上。

3.確保能源供應穩定：建立滿足未來4年經濟成長6%，及2015年每人年均所得達3萬美元經濟發展目標的能源安全供應系統。

### 為因應全球暖化的危機，我國應推動能源結構改造與效率提升：

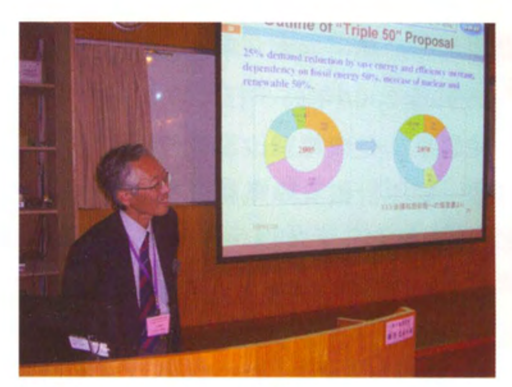
1.積極發展無碳再生能源，有效運用再生能源開發潛力，於2025年占發電系統的8%。

2.增加低碳天然氣使用，於2025年占發電系統的25%。

3.促進能源多元化，將核能作為無碳能源的選項。

### 石井正則（SNW委員會）：

日本能源政策兼顧經濟、環保與能源安全，2006年當時的首相福田康夫提出：2050年時降低日本60-80%的溫室氣體排放量，增加零碳排放能源例如核能40-50%以上。另外提出3個50政策：2050年時，提高日本自產能源至50%、降低二氧化碳排放量50%。



日本SNW委員會代表石井正則

再循環方案：1.在快滋生反應器商業化之前，繼續再循環鈽製成混合氧化物燃料。2.日本現有的反應器，於2030年時全部改為進步型輕水式反應器。3.2050年時，快滋生反應器將可商業化，屆時取代現有的輕水式反應器。4.六所村的第二再處理場將動工，製造的鈽可供快滋生反應器做燃料。

低放最終處置場位於六所村，目前使用面積為20萬立方公尺，最終將會使用60萬立方公尺的面積。而高放處置的公眾接受度是日本目前最需要克服的議題。


參與座談的學生提問相當踴躍

（其餘分組座談內容，因版面有限將於下一期繼續刊登）

## 瑞典廢核政策大逆轉

瑞典政府揚棄舊有廢核政策，於2月出版的政策說明書中表示，「氣候議題現在是政策的焦點，在可預見的未來中，核能持續會是瑞典發電的要角。」政策規劃瑞典在2050年前，達到溫室氣體零淨排放的目標。

瑞典於1980年通過法令，設定2010年為核能電廠全數關閉的期限，但是2007年3月，基督教民主黨重新做出決議，擱置政策。現在瑞典包括保守黨和自由黨的聯合政府，共同定出政策基調，在首任任期期間，不會計畫興建新反應器。不過原則現今也已破除－瑞典禁止新建核能電廠的法案，已經正式宣告失效，且政府也表示，主管機關必須同意逐漸汰換現有反應器。然而，要瑞典中央政府直接或間接的提供經費支援，希望不大。

由於無法新建反應器，瑞典國內為了應付更新現有反應器的市場，自身形成相當發達的核工業體系。若完成反應器更新，全國增加的核能容量可超過115萬瓩，大概跟一部新反應器提供的容量差不多。

擁有歐斯卡香電廠的瑞典OKG公司表示，一旦集團高層決定新建核能電廠，該公司即可馬上做好準備。OKG公司特別指出，歐斯卡香核能電廠尚可容納3部反應器。

目前瑞典電力工業由水力(50%)和核電(45%)二分天下。 受限於舊法令規定，未開發河川受到保護且禁止增建新反應器。瑞典新法仍未解除保護河川禁令，但是容許增建反應器，並且將從廢熱、風力和其他再生能源，尋找第3種發電型式方案。WNN News 2009/02/05，http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=24606

## 南韓抗暖化計畫 核能入列

南韓知識經濟部表示，新的抗暖化、確保能源供應穩定計畫，是由96名電力和環境科學專家於1月初共同提出，其中包括讓核能在2022年前，發電比例提高到全國近半。

南韓從現在起到2022年期間，將投資285億美金擴增發電量，以應付年電力成長2.1%的需求。計畫包括增建12部反應器、7部燃煤發電機組和11部液化天然氣機組。

南韓知識經濟部表示，在2022年，核能發電比例將從現在的34%躍升到48%、燃煤29%和天然氣發電23%，比現在略降；液化天然氣發電比例則從現今的22%，到2022年前遽降到6%。南韓知識經濟部說明，當計入碳排放成本時，核能電廠的營運成本會比燃煤電廠還要低廉。新的抗暖化計畫跟先前公布的計畫相比，略有更動。南韓目前有8部興建中/訂購中的反應器，全部預計在2010-2016年間營運，另外在2030年前則有2座電廠計畫上線。2008年新月城2號機和新古里1號機已經動工。南韓目前有20部營運中的反應器，但仍相當依賴進口能源。WNN News 2009/01/08 http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=24265

## 法國將助義大利重啟核工業

法國電力公司與義大利國家電力公司達成協議，攜手為義國核能發展打造基礎。兩家公司將聯合成立一比一的合資企業，以進行興建核能電廠的可行性評估，未來目標是在義大利建造至少4部歐洲壓水式反應器。此次義法跨國合作，是義大利自廢核以來，針對重啟核能所做出最大的動作。多年前義大利因車諾比爾事件，曾舉辦公投決定廢核。但是義國政府在2008年5月大選之後，政治風向一轉，核能因而起死回生。WNN Overview: 2009/02/27

## 美國核工業動起來 創造萬餘工作機會

美國核能協會出版的報告指出，過去幾年來，美國核工業在新建核能電廠上，已經投入超過40億美金的資金。往後幾年，各界也將持續灌注80億美金，讓核能電廠在2011-2012年動工。而在這段期間，民間企業的投資將創造約1萬4千至1萬5千個工作機會。WNN Overview: 2009/02/06

## 法國欲建第2部反應器

法國總統薩科奇日前確認，法國即將再建一部165萬瓩的歐洲壓水式反應器。新反應器位在潘立，跟弗萊曼維爾核能電廠一樣，新廠址原本就已經有2部營運中的機組，並備有增建新反應器的空間。新反應器計畫將展開公開辯論，預計2012年開始動工、2017年可以上線，預計第3部新反應器也將在隨後加入營運行列。WNN Overview: 2009/01/30

## 芬蘭新反應器計畫順利進行中

Fennovoima公司日前向芬蘭政府申請新建核能電廠的原則性核可，預計政府將於2010年做出明確決策。Fennovoima公司提出3個廠址供選擇，全部均已實施過環境評估並位在政府規定的開發區內。新廠可能使用150-200萬瓩、下列三者之一的反應器技術：亞瑞華的歐洲壓水式反應器、SWR-1000型沸水式反應器或東芝的進步型沸水反應器。預計2012年可動工，2020年前營運。

Fennovoima是由多家企業在2007年中，共同成立的合資公司。Fennovoima公司的股東高達64家公司，每家公司均有權可以依股份比例，以成本價購入公司電廠的電力。Fennovoima公司這種作法跟芬蘭另一家公司－TVO相當類似，在電廠營運期間，股東可根據合約依法取用電力，依成本價購電並將多餘電力售予北歐各國。WNN Overview: 2009/01/16

# 核能新聞

國・內・新・聞

## 全國能源會議會前會凝聚前瞻共識

行政院規劃的「98年全國能源會議」，今年4月15、16日一連兩天登場，為擴大公眾參與，本次會議將召開北中南東分區會議。會前議題兼具宏觀及前瞻恢宏願景，主辦單位期望透過理性溝通與討論，凝聚各界永續能源發展共識，建構低碳經濟發展環境，加速台灣成為低碳社會。

本年度全國能源會議，針對永續發展與能源安全、能源管理與效率提升、能源價格與市場開放、能源科技與產業發展四大核心議題進行討論。為建立專業討論溝通平台，會議將分三階段辦理。首先透過籌備研究階段，對議題及會議進行深入的研究規劃；在公眾參與階段，則從2月19日起陸續舉辦為期2週的分區會議，廣泛蒐集各區民眾意見，就核心議題充分討論；最終透過菁英會議，提出各核心議題的因應對策，做為政策具體執行方向。（2009/02/26.工商時報）

## 工商團體共識 重啟核能發展

預計在4月中召開的「全國能源會議」，由於攸關未來20至30年能源政策及產業發展的方向，工商團體代表決定以面對「經發會」、「經續會」的規格，團結作戰，以便在會中形成共同的意見與壓力。而目前工商團體代表在日前閉門會議中達成初步共識，要談永續與低碳社會就要重新檢視核能政策、重新調整能源結構與配比。

他們認為，過去大家都不願意碰觸核能的問題，是因為過去民進黨強調非核家園，但是，現在國際上很多主張非核家園的國家都已經改變，例如瑞典比台灣早10幾年推動非核家園，但是現在瑞典已重新發展核能。

他們舉韓國、新加坡為例指出，韓國在15年內將全力發展核能發電，由目前的34%提高到15年後的48%；新加坡的天然氣發電已由2000年的19%提高到2007年的79%。

台灣能源結構的問題，工商團體代表認為，是民進黨在2000年執政後輕率停建核四造成的結果，更因此導致台灣必須更加依賴消耗燃油及煤炭的火力發電，這也是台灣在近幾年來二氧化碳排放量快速上升的主要原因。 面對金融海嘯的衝擊，政府為推動民間投資不斷宣示，台塑大煉鋼廠及國光石化列為國家重大投資項目，工商團體代表指出，如果這兩大投資計畫付諸執行，二氧化碳的減量目標要如何訂定？勢必得從能源結構的調整著手。（2009/03/08.工商時報）

## 經部公布低放建議候選場址

經濟部昨晚公告低放射性廢棄物最終處置場的「建議候選場址」為台東縣達仁鄉及澎湖縣望安鄉。若一切順利，將在1個月內公開陳列，期滿後正式公告。經濟部傾向在明年6月村里長選舉時舉辦地方公投。（2009.03.18.本刊訊）

# 龍門核能電廠工程進度報導

龍門核能電廠（核四廠）工程總進度至98年2月底為86.76%（註1），較98年1月底進展0.86%，各分項工程進度詳如下表：

## 工程進度(截至98年2月底止)

| | 總進度 | 設計 | 採購 | 施工 | 試運轉 |
|---|---|---|---|---|---|
| 比例 | 100% | 19% | 15% | 58% | 8% |
| 合計進度 | 86.76% | 96.26% | 99.94% | 87.29% | 35.60% |

註1：行政院於95年8月21日核定本計畫第1、2號機商轉日期調整為98年7月15日、99年7月15日



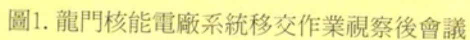


圖1. 龍門核能電廠系統移交作業視察後會議



圖2. 龍門核能電廠水廠電力開關箱現場視察

資料來源：http://www.aec.gov.tw/upload/1236932410LM9802.pdf